

# 2002~2003 年两次低温天气过程的对比分析

张小霞 付湘宁

(广东省佛山市气象台, 528000)

## 提 要

2002 年 12 月下旬到 2003 年 1 月上旬, 在相隔不到半个月时间内, 广东省先后出现两次冷害天气过程。使用最近推出的 MICAPS 2.0 分析系统, 从环流形势、物理量梯度分布以及大气层结等方面对两次过程进行对比分析, 找出引起两次过程的异同因子以及不同的“冷雨”效应。

**关键词:** 低温 梯度 层结 冷雨

## 1 天气实况

2002 年 12 月 26 日~27 日, 广东省经历了继 1999 年以来又一次寒潮低温天气。26 日白天起, 各地气温逐时下降, 降温幅度达到 10℃ 以上, 全省除了沿海个别地区以外, 其余大部分地区出现低温, 其中连山过程最低气温降到 0℃ 以下, 佛山市自动站显示, 27 日 5 时 09 分, 出现过程最低温度 2.2℃。与此同时, 全省出现大范围中雨, 其中有 16 个气象站降水量大于 30mm, 最大降水出现在封开 (49mm), 雨日为 3 天, 粤北还出现雨夹雪天气, 南国雪飘, 实属少见。

相隔 11 天, 即 2003 年 1 月 6 日, 在低层气温还没有明显回升的情况下, 受南支槽和冷空气共同影响, 广东省再次出现低温天气, 并伴有中一大雨、局部暴雨, 其中有 25 个站雨量大于 30mm, 最大降水出现在普宁, 达 54.7mm。降水仅持续 1 天。

这两次过程均出现低温, 但不同的是降水量不同, 降水持续日也不同, 前者降水量较少, 雨日较多; 后者相反 (表略)。佛山市气象台分别在两次低温过程前 3~6 小时发布红色寒冷信号, 服务及时, 效果良好。

## 2 环流形势分析

### 2.1 500hPa 形势

21 日巴尔喀什湖地区为高压脊控制, 新疆东北和蒙古西部为低槽区。在低纬, 高原南侧至孟加拉湾地区也开始有南支槽生成。23 日 20 时, 东亚高纬的东北低涡分裂出 -40℃ 冷中心, 移向西南。24 日 08 时, 冷中心并入位于蒙古的冷槽中, 冷平流加强, 与东北低涡相连的冷槽与蒙古地区低槽合并, 槽后振幅加大到 30 多个纬距, 此时影响我国的锋区仍在长江附近, 但东北到蒙古的低槽发展为引导低层强冷空气南下储存了足够能量。24~25 日, 北方锋区和南支波动同时加强, 南北气流在长江口汇合。26 日, 即冷空气影响广东的那天, 锋区南压, 但华南上空仍为南支槽前的西南气流控制。可见, 这次寒潮过程以西风带南压和东亚大槽南伸为标志 (图 1)。

2003 年 1 月 4~5 日, 500hPa 形势图上, 中高纬为一槽一脊控制, 日本存在低涡, 华北华东为冷平流区, 低纬南支发展较快, 华南上空为暖平流区, 冷暖平流也在长江下游汇合。1 月 6 日, 当南支波动移到 105°E, 华南自西向东开始受其影响, 这是一次典型的南支槽天气过程 (图 2)。

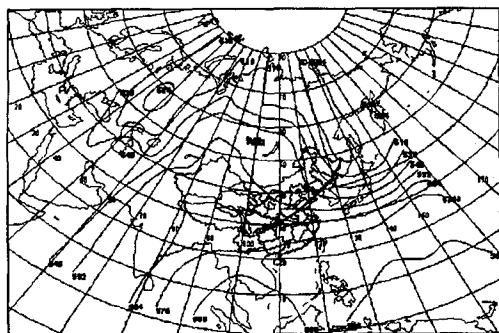


图1 2002年12月26日08时500hPa形势

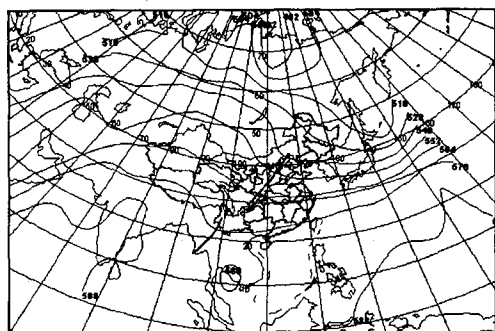


图2 2003年1月6日08时500hPa形势

## 2.2 850hPa 流场

在2002年底寒潮低温天气前期,高原南部和我国西南部低压系统稳定发展,25日,冷高压从蒙古取中路偏东的路径向南推进,26日流场显示,西南部的暖性低涡在广西、云南等地维持,整个流场东北高,西南低,广东省正好位于脊后槽前强盛的东南偏东气流控制中,充足的水汽输送为降水提供了必要条件。降水出现时,沿海水汽通量在  $5 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  以上(表1)。

表1 850hPa水汽通量/ $\text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

|           | 梧州  | 广州  | 连平  | 阳江   | 深圳   | 汕头  |
|-----------|-----|-----|-----|------|------|-----|
| 12月26日08时 | 4.9 | 2.1 | 1.6 | 6.5  | 5.2  | 3.9 |
| 1月6日08时   | 4.1 | 6.9 | 2.0 | 14.5 | 15.4 | 7.3 |

2003年1月4日,冷高压已经扩展到华南,但中心偏北,位于高原北部,广东省地面正受冷空气影响,上空则处于高压南部东南气流中,从高度场形势来看,也呈现东北高,西南低形势,东北高压也是以西北—东南向带状分布,所不同的是,这次过程中,前期西南低值系统并没有强烈反映,到了6日,东北

方的高压在广东省出现断裂,西环高压在四川附近,东环在台湾以东海面上,华南在两高之间低压区内,受东环高压西南部的东南气流控制,并出现  $18 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  的东南风急流,沿海水汽通量特别大,阳江、深圳在  $15 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  以上,比上次过程大了整整2倍。

## 3 物理量梯度场变化特征

### 3.1 气压梯度

跟踪地面气压梯度移动可以判断不连续面所在的位置以及由此引起的物理量平流强弱。12月25日08时地面气压梯度图上,梯度大值区位于广西,桂林附近达到  $14 \text{hPa}/500 \text{km}$ ,广州  $11 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,此时冷空气已扩散到华南一带,各地气压开始上升。26日,随着冷高进一步南压,梯度强中心加强并南压到广西南部,达  $16 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,此时广州也加大到  $14 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,这一天,广东省天气最恶劣,降温幅度最大达  $14^\circ \text{C}$ ;降水强,雨量最大  $44.8 \text{mm}$ (肇庆广宁地区)。27日08时,华南气压梯度明显减弱,中心在广东茂名为  $13 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,广州  $11 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。此外,从23日起到26日,北方强冷高中心维持在  $1070 \text{hPa}$  左右,位置少动,庞大的冷高不断地把冷空气推向南方(图3)。

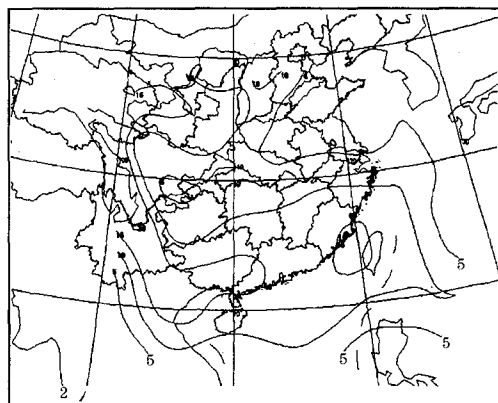


图3 2002年12月26日08时地面气压梯度  
单位:  $10^{-2} \text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

2003年1月4日08时,最大梯度中心在粤桂边界南侧。强中心为  $8 \times 10^{-2} \text{g} \cdot$

$\text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ , 广州此时为  $6 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ , 当时冷空气已扩散到华南, 5日08时, 由于地面北方冷高中心加强, 达到1065hPa, 为这几天之最, 加大了冷空气向南补充的力度。这时, 粤桂边界北部气压梯度加大到  $11 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ , 成为最大梯度中心区, 而广州也增为  $10 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ , 6日08时, 由于高空槽发展, 地面气压急降, 梯度进一步加大, 中心则移到粤桂南侧, 但广州变化不大, 仍维持  $10 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。此过程是前期由北方气流造成梯度加大, 后期因南方系统加强而造成梯度加大(图4)。

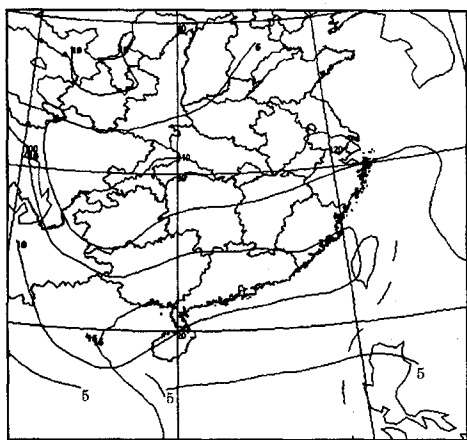


图4 2003年1月6日地面气压梯度

单位:  $10^{-2} \text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

两次过程发生当天, 梯度最大值都分布在广西南部, 数值在  $10 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  以上, 梯度中心有明显的向南移过程。其中12月寒潮天气是北方系统南压, 致使气压梯度增大, 其大值向南推进过程, 而1月上旬低温过程则是由南方系统加强, 使气压梯度加大过程。无论是冷高中心强度, 还是气压梯度, 前一次过程比后一次要强。

### 3.2 温度梯度变化

为了消除地形差异造成的物理量分布差异, 选择近地层925hPa进行温度分析。12月25日08时, 华南出现梯度中心(单位:  $^{\circ}\text{C}/100\text{km}$ ), 广东中部梯度开始增加到19, 而到了26日08时, 广东中部梯度增到全过程最大值22(图略), 实况这天全省降温幅度最

大, 最大降幅  $14^{\circ}\text{C}$ , 出现在粤西。27日08时, 广东省梯度迅速减弱, 中心只有18, 位于海上, 各地气温白天起开始缓慢回升。1月5日08时, 广东省存在梯度为18~19的大值区(图略), 6日08时, 广东梯度极值不变, 但强中心南移到海南, 这一天为广东几天来气温下降到最低的一天, 7日08时, 强中心仍位于海南, 但广东的梯度已减弱为16。

根据锋生函数定义<sup>[1]</sup>,  $F = \frac{d}{dt} |\nabla t|$ ,

12月26日降温时伴有锋生过程, 加强的气压梯度和锋生的共同作用造成地面气温下降明显, 本地自动站实况显示(图略), 过程降温峰值超前于降水峰值4小时, 这进一步证实了冷平流的强大作用; 而1月6日降温, 由于梯度变化不大, 其锋生作用也很小, 自动站实况显示, 降温与降水曲线同位相, 两者峰值几乎同时发生, 说明降水造成降温的作用要大得多, 相反, 因平流产生的降温作用显得较弱。

### 3.3 降温幅度计算

考虑到佛山市强烈降温过程往往是平流因素起主导作用, 为比较两次平流引起降温不同, 参考了本台编制的简化平流方程<sup>[2]</sup>:

$$DT_{72} = -72 V_f \cdot \frac{\Delta T}{\Delta Y}。2002年12月下旬过$$

程满足初始条件, 用12月24日08时资料计算, 结果未来3天气温变化为  $-10.7^{\circ}\text{C}$ , 实况为  $-10.8^{\circ}\text{C}$ , 误差很小, 比较准确, 而1月上旬那次过程, 由于不符合初始条件, 不能使用上述计算, 但仍可通过气压梯度说明因平流不同造成降温幅度不同, 2002年12月24日08时, 银川到广州气压差达22.9hPa, 而2003年1月5日气压差只有17.5hPa, 而且是因为华南地区受南支槽前降压作用加大了的气压差, 显然平流降温因素要弱得多。

## 4 大气层结分析

### 4.1 逆温层

两次过程中, 广州层结曲线显示, 850hPa以下均存在逆温层, 这是由于该处吹强劲暖湿气流引起。不同的是, 12月26日, 逆温层厚且位置较高, 发生在925~800hPa之间, 厚度约125hPa; 1月6日逆温层薄, 位

置偏低,发生在900~850hPa,厚度约50hPa。逆温层的厚薄与雨滴下落时温度升降密切相关,从而影响着地面气温的升降。

#### 4.2 凝结高度

如果气块从地面沿干绝热线抬升,12月26日过程中,凝结高度稍高,气块要到达880hPa才能凝结成水滴,1月6日过程凝结高度稍低,只到达900hPa,如果气块从逆温层顶沿绝热线抬升,则12月26日过程凝结高度更高,达到700hPa,而1月6日凝结高度在820hPa附近。换言之,气块无论从哪里开始抬升,12月26日都要经历较长路程才能凝结成水滴,而1月6日经历的路程要短。

#### 4.3 水汽含量分析

把梧州、广州、连平、阳江和深圳五站的比湿分层相加,各层总值可以代表广东大气的水汽垂直分布(表2)。表2显示,12月寒潮天气中,700hPa增湿明显,26日08时比湿为大气低层水汽含量之最,26日08时到27日08时,湿层分布在850hPa到700hPa之间,刚好是气块从不同起点上升所到达的两个凝结高度之间;1月上旬的低温天气过程,从降水开始到结束,湿层始终分布在850hPa附近,同样也是在不同起点上升所到达的两个凝结高度之间(900~820hPa)。表2还显示,寒潮过程大气水汽含量要比低温过程大,但实际上,降水强度与气流上升速度、水汽输送以及大气层结等各种因子有关。

表2 梧州、广州、连平、阳江、深圳五站  
比湿总量/ $0.1\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$

|        | 1000hPa | 925hPa | 850hPa | 700hPa |
|--------|---------|--------|--------|--------|
| 25日20时 | 283     | 272    | 255    | 121    |
| 26日08时 | 216     | 213    | 246    | 257    |
| 26日20时 | 212     | 206    | 308    | 291    |
| 27日08时 | 203     | 199    | 304    | 282    |
| 5日20时  | 213     | 202    | 312    | 241    |
| 6日08时  | 235     | 221    | 241    | 183    |
| 6日20时  | 248     | 263    | 310    | 283    |

#### 4.4 温度递减率

华南上空1~9km区域内,12月26日,温度递减率 $\gamma = 0.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ , $0^{\circ}\text{C}$ 层在680hPa附近,1月6日 $\gamma = 0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ , $0^{\circ}\text{C}$ 层在700hPa附近,高度稍低。温度递减率大、 $0^{\circ}\text{C}$ 层低对水汽快速凝结成水滴有利。

通过分析大气层结,我们可以解释两次过程雨强的不同以及因降水引起降温的程度不同。12月26日寒潮过程中,逆温层厚且高,凝结高度、 $0^{\circ}\text{C}$ 层高度也较高,使得水汽要抬升到较高层次才能凝结成水滴,这无凝增加了水滴形成时间,雨强相应较弱。此外,较厚的逆温层使雨滴下落时容易产生变性;相反,1月6日低温过程中,水滴形成时间短,雨滴相应也大,较薄的逆温层使雨滴下落时变性减缓。因此我们推出,第一次天气过程由降水产生的降温程度比第二次过程相同因子造成地面降温要弱。

#### 5 小结

(1) 两次过程有相似的环流形势,500hPa图上亚洲地区为一槽一脊分布,850hPa华南沿岸有活跃的东南气流;不同之处是2002年12月的寒潮天气以西风带南压为特征,2003年低温天气过程以南支波动东移作用为显著特征。

(2) 2002年12月26日寒潮过程中,由于锋生作用和气压梯度增大,平流降温明显,但冷雨效应不太显著;2003年1月6日过程中,虽锋生作用微弱,平流降温条件不及前者好,但其冷雨效应所引起的降温作用明显。因此,在冬季降温预报方面,除了根据不同的初始条件,判断平流降温幅度以外,还应考虑天气过程的降水强度因素。显然引入“冷雨效应”概念,对于提高低温预报的精度是大有好处的。

(3) 不同的大气层结,不同层次气流上升状况,决定不同的降水强度和由此影响着地面降温幅度。目前数值预报种类繁多,天气形势客观预报日趋成熟,但在大气层结预报或释用方面还很欠缺,相信这方面的发展将有助于提高天气预报的准确度。此外,在数值预报基础上,结合本地的预报工具(经验),会收到更好的效果。

#### 参考文献

- 丁一汇. 高等天气学. 北京: 气象出版社. 1991: 139~143.
- 刘天祥. 平流方程在佛山市春季降温预报中的应用. 广东气象. 1998, (1): 14~15.

# Analysis of Two Continuous Low Temperature Events from 2002 to 2003

Zhang Xiaoxia Fu Xiangning

(Foshan meteorological Office, Guangdong Province, 528000)

## Abstract

From last dekad of December 2002 to first dekad of January 2003, two cool injury appeared successively in Guangdong Province. With the new analytic system (MICAPS2.0), an analysis of the two events is made from the circulation situation, gradient of physical quantity and atmosphere stratification etc., and the results show that the contributing factors and “cold rain” effect are different for the two events.

**Key Words:** low temperature gradient stratification cold rain